دورة تركيب و صيانة أنظمة المراقبة

Systems CCTV

الوحدة الأولى

مقدمة وتمهيد

تُعرف أنظمة المراقبة باسم **CCTV** وهي اختصار للمصطلح الإنجليزي (**Closed-Circuit Television**)، وترجمتها الحرفية "التلفزيون ذو الدائرة المغلقة". وتسميتها بالدائرة المغلقة تعود إلى أن الإشارات الصادرة من الكاميرات لا يتم بثها علناً للجمهور (مثل القنوات التلفزيونية العامة)، بل تُنقل عبر شبكة مخصصة ومحدودة إلى عدد معين من الشاشات وأجهزة التسجيل التي لا يمكن الوصول إليها إلا من قِبل أشخاص مخولين.
أصبحت هذه الأنظمة اليوم العصب الأساسي للمنظومات الأمنية في المنشآت الحيوية، المنازل، الشركات، والمدن الذكية، حيث تطورت من مجرد أداة للرؤية اللحظية إلى أنظمة ذكاء اصطناعي قادرة على التنبؤ بالجرائم وتحليل البيانات.

- نبذة تاريخية عن تطور الأنظمة

مرت تكنولوجيا كاميرات المراقبة بثلاث مراحل رئيسية صنعت الفارق في كفاءتها اليوم:

١ **الظهور الأول (1942):** صمم المهندس الألماني *Walter Bruch* أول نظام CCTV لمراقبة إطلاق صواريخ الـ V-2$$ في ألمانيا النازية لأسباب أمنية وتدبيرية، ولم يكن النظام يحتوي حينها على ميزة التسجيل، بل مراقبة حية فقط.

٢ **عصر أشرطة الكاسيت (السبعينات):** ظهرت أجهزة التسجيل عبر الفيديو (VCR)، مما أتاح حفظ اللقطات، لكنها كانت تتطلب تغيير الأشرطة يدوياً وتستهلك مساحات تخزين ضخمة بجودة منخفضة.

٣ **الثورة الرقمية والشبكية (الألفية الجديدة):** ظهرت أجهزة التسجيل الرقمي (DVR) ثم أجهزة تسجيل الشبكة (NVR)، وتحولت الكاميرات من نقل الإشارة التناظرية عبر كابلات الكواكسيل إلى نقل البيانات الرقمية عبر كابلات الإيثرنت وشبكات الإنترنت، مما فتح الباب للذكاء الاصطناعي.

- المكونات الأساسية لأي نظام مراقبة

يتكون أي نظام مراقبة، بغض النظر عن تكنولوجيته، من أربعة عناصر رئيسية تعمل في حلقة متكاملة:

[الكاميرات] --> [وسيط النقل / الكابلات] --> [جهاز التسجيل والمعالجة] --> [وحدة العرض / الشاشة]

١ **أجهزة الالتقاط (Cameras):** وهي العين التي تحوّل الضوء المنعكس من الأجسام إلى إشارات كهربائية أو حزم بيانات رقمية.

٢ **وسيط النقل (Transmission Medium):** الكابلات (مثل RG59 أو Cat6) أو الشبكات اللاسلكية (Wi-Fi) التي تنقل الإشارة من الكاميرا إلى جهاز التحكم.

٣ **وحدة المعالجة والتسجيل (Storage & Recording):** الأجهزة المسؤولة عن ضغط الفيديو، حفظه على الأقراص الصلبة (HDD)، وإدارة النظام (مثل DVR أو NVR).

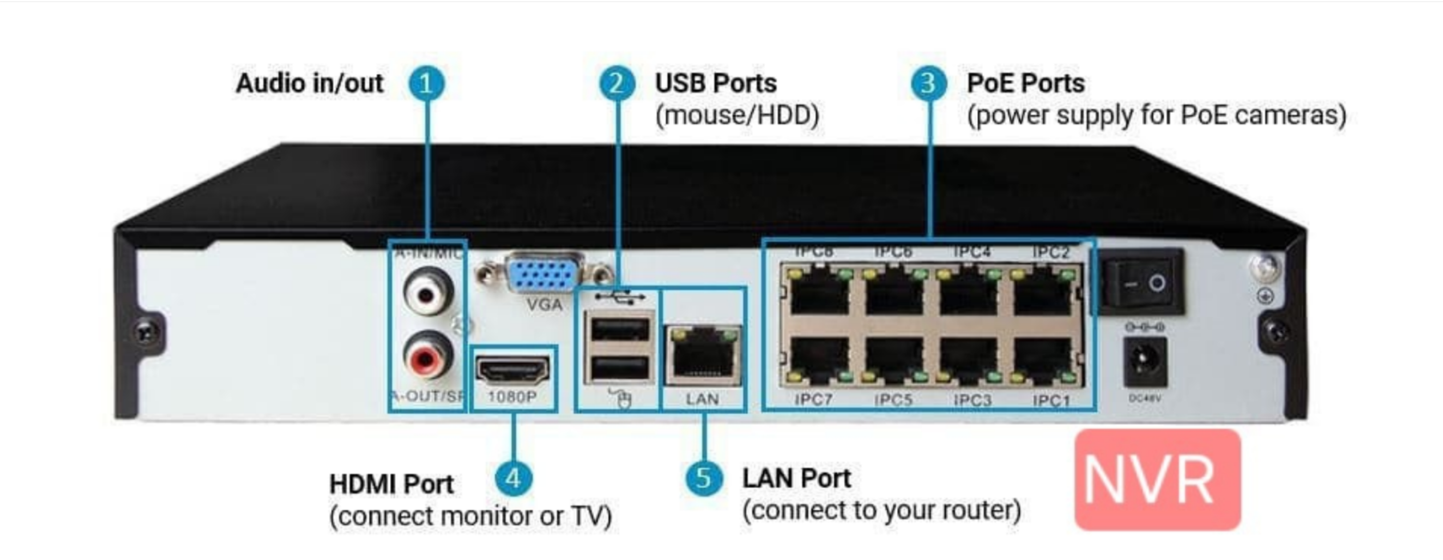
٤ **وحدة العرض (Display Unit):** الشاشات والـ Monitors التي تعرض البث المباشر أو التسجيلات، بالإضافة إلى تطبيقات الهواتف الذكية.

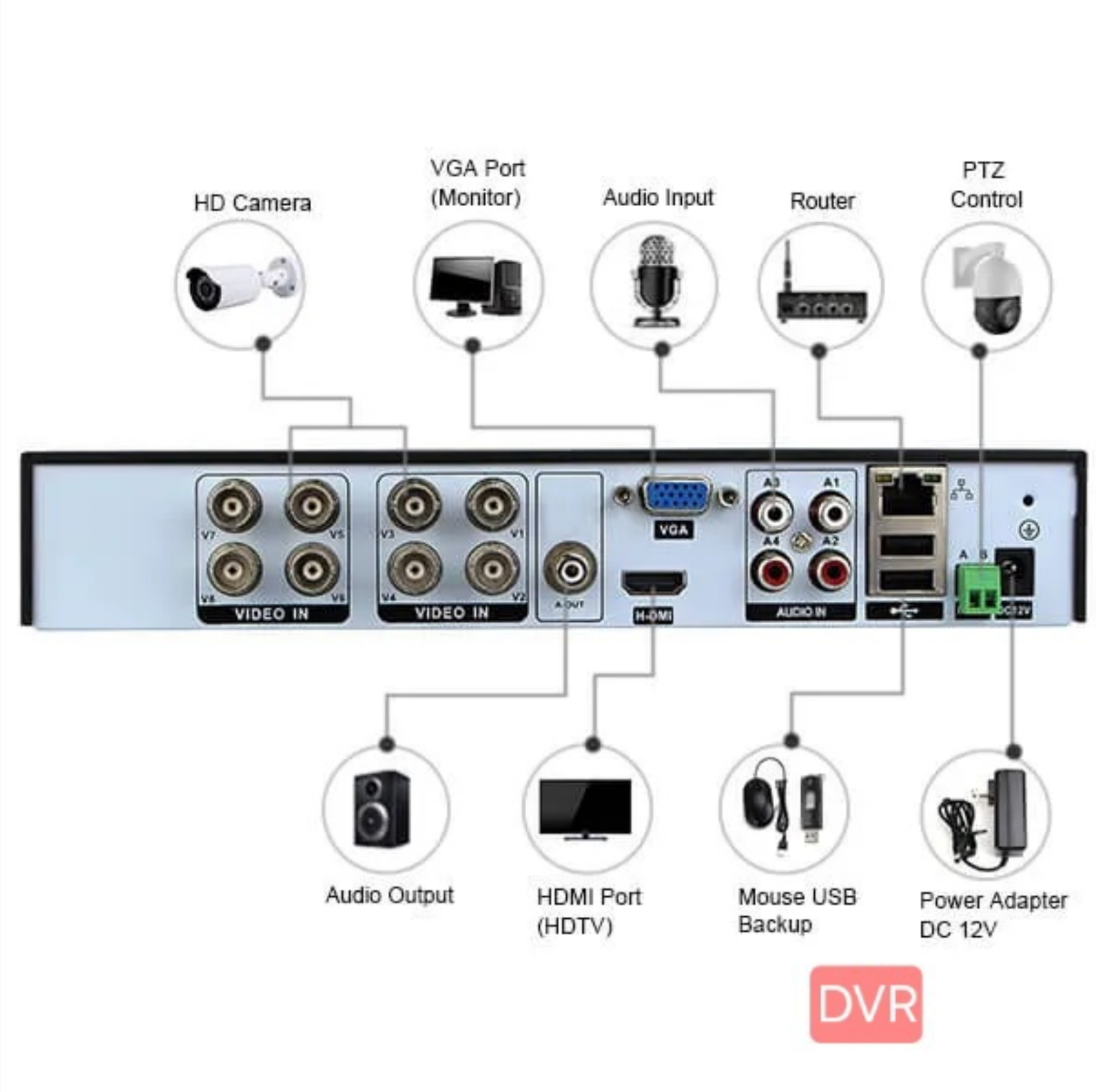
المقارنة الهندسية: أنظمة IP ضد أنظمة Analog

ينقسم سوق أنظمة المراقبة حالياً إلى تقنيتين مهيمنتين، واختيار أحدهما يعتمد على طبيعة الموقع والميزانية:

الأنظمة الرقمية الشبكية (IP Systems)	الأنظمة التناظرية الحديثة (Analog HD/HD-TVI)	وجه المقارنة
حزم بيانات رقمية (qData\ Packetsqq) تنقل عبر بروتوكول الإنترنت.	إشارة كهربائية تماثلية تنقل عبر كابل كواكسيل.	**طبيعة الإشارة**
كابلات الشبكة (/Cat5e Cat6) أو الألياف الضوئية.	كابلات الشاشة التقليدية (RG59 / RG6).	**نوع الكابلات**
جهاز تسجيل شبكي (NVR).	جهاز تسجيل رقمي (DVR / XVR).	**جهاز التسجيل**
جودة فائقة جداً تصل إلى عتبات 4K و 12MP دون فقدان للجودة.	محدودة مقارنة بالـ IP، وتتأثر جودتها بطول الكابل (النويز).	**دقة الوضوح ($Resolution$)**
تدعم تقنية PoE (نقل البيانات والطاقة عبر كابل شبكة واحد).	تحتاج كابل طاقة منفصل لكل كاميرا من الباور سابلاي.	**تقنية الطاقة**

مرونة عالية؛ يمكن ربط عدة كاميرات بـ Switch فرعي وكابل واحد للـ NVR.	صعبة التوسع؛ يجب تمديد كابل مباشر من كل كاميرا للـ DVR.	**المرونة والتوسع**
أعلى سعراً في الكاميرات والأجهزة البنيوية للشبكة.	اقتصادية ومنخفضة التكلفة.	**التكلفة الإجمالية**




HD Camera
VGA Port (Monitor)
Audio Input
Router
PTZ Control
VIDEO IN
VIDEO IN
VGA
H-DMI
AUDIO IN
A1
A2
A3
A4
V1
V2
V3
V4
V5
V6
V7
V8
DC12V
Audio Output
HDMI Port (HDTV)
Mouse USB Backup
Power Adapter DC 12V
DVR

تصنيفات الكاميرات من حيث البيئة والشكل

تختلف الكاميرات هندسياً لتلائم مكان تركيبها ووظيفتها:

أولاً: من حيث المظهر والوظيفة

- **كاميرات قبانية (Dome Cameras):** تأتي على شكل قبة دائرية، غالباً ما تُثبت في الأسقف داخل المكاتب والمنازل. تتميز بأنها غير ملفتة وصعبة التوجيه أو التخريب باليد.
- **التصميم:** تأتي على شكل قبة دائرية نصف كروية.
- **مكان الاستخدام:** تُثبت غالباً في الأسقف وداخل المباني (Indoor) كالمكاتب، المدارس، والمحلات التجارية.
- **المميزات:** تتميز بمظهرها الأنيق والمخفي الذي يمتزج مع الديكور، كما يصعب على الأشخاص تحديد الاتجاه الدقيق الذي توجّه إليه العدسة، مما يعطي شعوراً بالمراقبة الشاملة. وهناك نسخ منها مقاومة للتخريب (Vandal-Proof).



- **كاميرات رصاصية (Bullet Cameras):** تأتي بشكل أسطواني مستطيل، وتُستخدم خارجيًا على الجدران. تكون واضحة للعيان لتلعب دوراً رادعاً للمجرمين، وغالباً ما تكون مقاومة للعوامل الجوية.
- **التصميم:** تأتي بهيكل أسطواني أو مستطيل يشبه الرصاصة.
- **مكان الاستخدام:** تُستخدم بشكل أساسي في الأماكن الخارجية (Outdoor) مثل الأسوار، الواجهات، ومواقف السيارات.
- **المميزات:** واضحة جداً للعيان وتعمل كعامل رادع بصري للمخترقين. تُصمم بهياكل معدنية قوية مقاومة للعوامل الجوية (مطر، غبار، شمس) ومزودة بغطاء علوي (Sunshield) لحمايتها من أشعة الشمس المباشرة



- **كاميرات متحركة (PTZ - Pan Tilt Zoom):** كاميرات ذكية يمكن التحكم بها عن بعد لتدور بزاوية 360 درجة أفقياً و90 درجة رأسياً، مع تقريب بصري قوي. تُستخدم في الساحات الكبيرة والمطارات.
- **التصميم:** كاميرات دائرية كبيرة مزودة بمحركات داخلية تتيح لها الحركة في جميع الاتجاهات.
- **الخصائص الحركية:**
  - Pan: الدوران الأفقي (يمين ويسار) بزاوية تصل إلى 360 درجة.
  - Tilt: الحركة الرأسية (أعلى وأسفل) بزاوية تصل عادة إلى 90 درجة أو أكثر.
  - Zoom: التقريب البصري لتكبير الصور البعيدة بدقة عالية.
- **مكان الاستخدام:** الساحات الكبيرة، المطارات، التقاطعات المرورية، والمنشآت الحيوية. يمكن برمجتها للقيام بجولات مراقبة تلقائية (Tours) أو تتبع الأهداف المتحركة بالذكاء الاصطناعي.



- **الكاميرات المخفية (Covert Hidden Cameras)**
- **التصميم:** كاميرات ذات أحجام متناهية الصغر (Pinhole) يتم دمجها داخل أشياء يومية مثل (كواشف الدخان، مستشعرات الحركة، الساعات، أو المصابيح).
- **مكان الاستخدام:** تُستخدم في التحقيقات الأمنية أو الأماكن التي تتطلب مراقبة سرية تامة دون إثارة انتباه المتواجدين.

ثانياً: من حيث مقاومة البيئة المحيطة

- **معيار IP66 / IP67:** يحدد مدى مقاومة الكاميرا الخارجية للأمطار، الأتربة، والرطوبة.
- **معيار IK10:** يحدد مدى مقاومة جسم الكاميرا الصدمات ومحاولات التكسير العمدي والتخريب (Vandal-Proof).

تكنولوجيا المعالجة وتحسين الصورة

تضم الكاميرات الحديثة تقنيات برمجية مدمجة لمعالجة عيوب الإضاءة:

- **المدى الديناميكي الواسع (WDR):** تقنية تقوم بموازنة الضوء في الأماكن التي تحتوي على إضاءة خلفية قوية (مثل كاميرا موجهة نحو باب زجاجي خارجي والداخل مظلم)، لتظهر ملامح الأشخاص بوضوح.
- **تقنيات الرؤية الليلية:** تطورت من الأشعة تحت الحمراء (IR) التي تعرض الصورة باللونين الأبيض والأسود ليلاً، إلى تقنيات التصوير الملون المستمر (Full-Color ColorVu) التي تعتمد على فتحات عدسة واسعة

ومستشعرات فائقة الحساسية للضوء الخافت لتوليد صورة ملونة في أحلك الظروف.

أنواع عدسات الكاميرات (Lens Types)

العدسة هي الجزء المسؤول عن تجميع الضوء وتركيزه على مستشعر الكاميرا (Sensor). تختلف العدسات بناءً على **البُعد البؤري (Focal Length)** الذي يُقاس بالمليمتر (mm).

📌 **القاعدة الذهبية للعدسات:**
كلما **قَلَّ** رقم البُعد البؤري بالمليمتر **اتسعت** زاوية الرؤية وقَصُرت المسافة (رؤية عريضة للمكان).
كلما **زاد** رقم البُعد البؤري بالمليمتر **ضاقت** زاوية الرؤية وزادت المسافة (تقريب للأجسام البعيدة).

تنقسم العدسات من حيث التحكم في البعد البؤري إلى:

1. العدسات الثابتة (Fixed Lenses)

تأتي ببعد بؤري ثابت مصنعياً لا يمكن تغييره بعد التركيب. أشهر مقاساتها في السوق:

- **عدسة 2.8mm:** توفر زاوية رؤية واسعة جداً (حوالي 90 إلى 100 درجة). ممتازة للمغاسل، الغرف الصغيرة، والمداخل لرؤية أكبر مساحة ممكنة من مسافة قريبة.
- **عدسة 4mm:** توفر زاوية رؤية متوسطة (حوالي 75 درجة)، وتوازن بين المساحة والوضوح.
- **عدسة 6mm أو 8mm:** توفر زاوية ضيقة ومسافة أبعد، وتصلح

2. العدسات المتغيرة يدوياً (Varifocal Lenses)

تتيح للمهندس أو الفني ضبط البعد البؤري يدوياً أثناء عملية التركيب (مثلاً من 2.8mm إلى 12mm) عبر مفاتيح ميكانيكية صغيرة على جسم الكاميرا، وذلك للحصول على الزاوية والمسافة المطلوبة تماماً للموقع، وتظل ثابتة بعد ذلك.

3. العدسات المتغيرة بمحرك (Motorized Zoom Lenses)

عدسات متطورة تحتوي على محرك داخلي دقيق، يتيح للمستخدم تكبير وتصغير الصورة (Zoom) وإعادة ضبط التركيز (Focus) عن بُعد من خلال جهاز الـ DVR/NVR أو تطبيق الهاتف المحمول دون الحاجة للصعود للكاميرا وتعديلها يدوياً.

معايير اختيار الكاميرا والعدسة المناسبة للموقع

عند تصميم نظام المراقبة، يعتمد اختيار الكاميرا والعدسة على تطبيق معيار **DORI** العالمي للأنظمة الأمنية، والذي يحدد الهدف من الكاميرا:

١. **الكشف (Detection):** معرفة أن هناك جسماً يتحرك في المكان (تحتاج عدسة واسعة 2.8mm).
٢. **الملاحظة (Observation):** معرفة تفاصيل تقريبية كملابس الشخص أو طبيعة الجسم.
٣. **التعرف (Recognition):** التأكد والتعرف على هوية شخص مألوف لديك أو تحديد نوع سيارة.
٤. **التحديد (Identification):** إثبات الهوية بشكل قاطع لا يدع مجالاً للشك (مثل لقطة واضحة جداً للوجه أو قراءة دقيقة للوحة سيارة - تحتاج هنا

أو تحديد نوع سيارة.

٤ **التحديد (Identification):** إثبات الهوية بشكل قاطع لا يدع مجالاً للشك (مثل لقطة واضحة جداً للوجه أو قراءة دقيقة للوحة سيارة - تحتاج هنا عدسات ضيقة ببعد بؤري طويل 12mm فما فوق أو كاميرات PTZ).

- أجهزة التسجيل و التخزين

مقدمة

إذا كانت الكاميرات هي "العين" التي ترى بها أنظمة المراقبة، فإن أجهزة التسجيل والتخزين هي "العقل والذاكرة"؛ حيث تعمل هذه الأجهزة على استقبال الإشارات المرئية والصوتية القادمة من الكاميرات، ثم معالجتها وضغطها رقمياً، وحفظها على وسائط تخزين متخصصة لتمكين المستخدم من استرجاعها وعرضها عند الحاجة. يعتمد أمن واستقرار أي نظام مراقبة على كفاءة واختيار وحدة التسجيل والتخزين المناسبة.

أنواع أجهزة التسجيل الرئيسية (Recording Devices)

تنقسم أجهزة التسجيل في سوق الأنظمة الأمنية إلى ثلاثة أنواع رئيسية وفقاً لطبيعة الإشارة والتكنولوجيا المستخدمة:

1. أجهزة التسجيل الرقمي (DVR - Digital Video Recorder)

- **آلية العمل:** مُصمم للأنظمة التناظرية (Analog). تصل إليه الكابلات (غالباً RG59) مباشرة من كل كاميرا. يقوم الجهاز باستلام الإشارة التماثلية وتحويلها داخلياً إلى إشارة رقمية ليتمكن من ضغطها وحفظها على القرص الصلب.

- **المميزات:** تكلفته الاقتصادية، وسهولة تركيبه (ربط مباشر بدون إعدادات شبكة معقدة).
- **العيوب:** قلة المرونة في التوسع، وتراجع جودة الصورة إذا كانت المسافات طويلة جداً بين الكاميرا والجهاز بسبب مقاومة الكابلات.

2. أجهزة تسجيل الشبكة (NVR - Network Video Recorder)

- **آلية العمل:** مُصمم للأنظمة الرقمية الشبكية (IP Systems). في هذا النظام، تقوم الكاميرا نفسها بمعالجة الصورة وتحويلها إلى بيانات رقمية ترسلها عبر الشبكة (كابلات Cat6 أو الواي فاي) إلى جهاز الـ NVR. لا يقوم الـ NVR بتحويل الإشارة، بل يستقبلها جاهزة ويسجلها مباشرة.
- **المميزات:** جودة صورة فائقة جداً (4K وأعلى)، مرونة عالية في التمديد حيث يمكن تجميع الكاميرات على Switch فرعي وتمرير كابل واحد للجهاز، ويدعم الخصائص الذكية (AI).
- **العيوب:** التكلفة المرتفعة للأجهزة والشبكة مقارنة بنظام الـ DVR.

3. الأجهزة الهجينة (XVR Hybrid DVR)

- **آلية العمل:** أجهزة متطورة ومرنة للغاية، تمتلك القدرة على استقبال كاميرات Analog تقليدية وكاميرات IP شبكية في نفس الوقت.
- **المميزات:** الخيار المثالي عند تحديث الأنظمة القديمة؛ حيث يتيح للعميل الإبقاء على كاميراته التناظرية القديمة مع إمكانية إضافة كاميرات IP حديثة بدقة عالية دون الحاجة لتغيير المنظومة بالكامل.

تكنولوجيا ضغط الفيديو (Video Compression)

بما أن الكاميرات تسجل لقطات على مدار الساعة بدقات عالية، فإن حجم البيانات يكون ضخماً جداً. هنا يأتي دور **صيغ الضغط (Codecs)** وتقليص حجم الملفات لتوفير مساحات التخزين دون المساس بالجودة البصرية.
مرت تكنولوجيا الضغط بعدة أجيال:

- **H.264 (MPEG-4):** المعيار القديم، يستهلك مساحات تخزين ضخمة وباندويث (Bandwidth) عالٍ في الشبكة.
- **H.265 (HEVC):** طفرة تقنية وفرت حوالي **50%** من مساحة التخزين وحجم البيانات في الشبكة مقارنة بـ H.264 مع الحفاظ على نفس الجودة.
- **H.265+ / H.265 Pro:** خوارزميات ذكية طورتها شركات مثل *Hikvision* و *Dahua*، تقوم بتقليل حجم الفيديو بشكل أكبر عبر التركيز على العناصر المتحركة في الكادر وضغط الخلفيات الثابتة، مما يوفر حتى **70-80%** من المساحة التخزينية.

وسائط التخزين (Storage Media)

تعتبر الأقراص الصلبة (HDD) المستضيف الأساسي للبيانات. ومن الأخطاء الفادحة استخدام هارد ديسك مخصص للكمبيوتر الشخصي (Desktop HDD) في أجهزة المراقبة.

لماذا نستخدم أقراص صلبة مخصصة للمراقبة (Surveillance HDDs)؟

تتميز الأقراص المخصصة للمراقبة (مثل سلسلة **Western Digital Purple**

أو **Seagate SkyHawk**) بخصائص هندسية محددة:

١ **العمل المستمر (24/7):** مصممة للعمل دون توقف لسنوات، بينما هارد الكمبيوتر مصمم للعمل ساعات محدودة يومياً.
٢ **تحمل الكتابة المستمرة:** طبيعة عمل نظام المراقبة هي **90% كتابة بيانات** و 10% قراءة (استعراض)، بينما هارد الكمبيوتر مصمم بالعكس.
٣ **مقاومة الاهتزازات (RV Sensors):** أجهزة التسجيل تحتوي على عدة أقراص متجاورة تسبب اهتزازات ميكانيكية، والأقراص المتخصصة قادرة على تحمل هذه الاهتزازات لمنع تلف البيانات وتلف الإبرة المغناطيسية.

تقنيات الحماية المتقدمة (RAID)

في المشاريع الكبرى (المطارات، البنوك)، يتم استخدام تقنية **RAID** **(Redundant Array of Independent Disks)**، وهي ربط مجموعة من الأقراص الصلبة معاً برمجياً لحماية البيانات من الضياع؛ فإذا تلف أحد الأقراص الصلبة، يستمر النظام في العمل دون فقدان أي لقطة فيديو، ويتم استبدال القرص التالف فورا وهو ما يسمى (Hot-Swapping).

معادلة حساب السعة التخزينية المطلوبة

تعتمد المساحة التخزينية التي يحتاجها أي مشروع على أربعة عوامل أساسية:

Storage Required = Number of Cameras × Bitrate × Retention Time (Days)

حيث يتأثر الـ *Bitrate* (معدل نقل البيانات) مباشرة بـ:

١ **دقة الكاميرا (Resolution):** (مثلاً كاميرا 2MP تستهلك مساحة أقل بكثير من كاميرا 8MP/4K).
٢ **معدل الإطارات (FPS - Frames Per Second):** تسجيل 30 إطاراً في الثانية يعطي حركة ناعمة جداً ولكنه يستهلك ضعف مساحة التسجيل لـ 15 إطاراً في الثانية.
٣ **طبيعة الحركة بالموقع:** الأماكن المزدحمة (شارع رئيسي) تنتج ملفات بحجم أكبر من الأماكن الساكنة (مستودع مغلق).
٤ **أسلوب التسجيل:** هل النظام يسجل بشكل مستمر (Continuous) أم عند استشعار الحركة فقط (Motion\ Detection)؟

التوجه الحديث: التخزين السحابي (Cloud Storage)

تتجه التكنولوجيا اليوم بقوة نحو **التخزين السحابي**، حيث يتم رفع لقطات الفيديو مباشرة عبر الإنترنت إلى خوادم بعيدة مشفرة ومؤمنة.

- **الميزة الكبرى:** حماية التسجيلات من الضياع التام في حال قام السارق باقتحام المنشأة وسرقة جهاز الـ DVR/NVR نفسه أو حرق المكان.
- **العيب الأساسي:** يتطلب سرعات رفع (Upload) عالية جداً وإنترنت مستقراً بدون انقطاع، بالإضافة إلى تكلفة الاشتراك الشهري أو السنوي للخدمة.

الخلاصة

تعد أنظمة الـ CCTV اليوم حجر الزاوية في استراتيجيات الأمن والسلامة. عند تصميم نظام مراقبة لأي منشأة، لا يجب النظر إلى التكلفة الفورية فقط، بل يجب مراعاة قابليتها للتوسع مستقبلاً وسهولة صيانتها. والتوجه العالمي يسير بسرعة نحو رقمنة الأنظمة بالكامل (IP) والاعتماد على السحابة (Cloud) وخوارزميات الذكاء الاصطناعي التي تحول الكاميرا من أداة "تسجيل حدث" إلى أداة "منع حدث".

لا يوجد نوع كاميرا أو عدسة "أفضل مطلقاً" من الآخر؛ فالكاميرا ذات العدسة الواسعة (2.8mm) ممتازة لكشف النطاق العام للمكان ولكنها تفشل في جلب تفاصيل الوجوه البعيدة، بينما الكاميرا ذات العدسة الضيقة (12mm) ممتازة للمسافات ولكنها تترك مساحات عمياء واسعة على جانبيها. التصميم الاحترافي والناجح لنظام الـ CCTV يعتمد على دمج هذه الأنواع واختيار العنصر المناسب بناءً على دراسة دقيقة ومعاينة حقيقية لأرض الموقع.

جهاز التسجيل والتخزين هو المستودع الآمن لجميع الأحداث. الاختيار الصحيح يبدأ من تحديد بيئة النظام (IP أو Analog)، والاعتماد الحتمي على أقراص صلبة مخصصة للمراقبة، وتفعيل صيغ الضغط الحديثة (H.265+)، مما يضمن للمنشأة نظاماً مستقراً، وقدرة عالية على استرجاع البيانات بدقة وسرعة عند حدوث أي خرق أمني.